

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

ALINE CALISTO  
REGIANE KOSWOSKI

**EFEITO DO RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES EM  
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE  
VEDAÇÃO. ESTUDO DE CASO.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2015

ALINE CALISTO  
REGIANE KOSWOSKI

**EFEITO DO RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES EM  
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE  
VEDAÇÃO. ESTUDO DE CASO.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia de Produção Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC –da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia de Produção Civil.

Orientador: Prof. Wellington Mazer, Dr.

Co-Orientador: Prof. Adauto José Miranda de Lima, Dr.

CURITIBA

2015

---

## FOLHA DE APROVAÇÃO

### ***EFEITO DO RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO. ESTUDO DE CASO.***

Por

ALINE CALISTO  
REGIANE KOSWOSKI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 25 de fevereiro de 2015, pela seguinte banca de avaliação:

---

Prof. Orientador – Prof. Wellington Mazer, Dr.  
UTFPR

---

Prof. Co-orientador - Prof. Adauto José Miranda de Lima, Dr.  
UTFPR

---

Prof. José Luiz Brandi, Dr.  
UTFPR

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Zappa Engenharia pelo apoio físico e financeiro a este trabalho, aos colaboradores pelo apoio moral e, especialmente, ao sócio proprietário, que encaro como espécie de tutor, Engenheiro Sydney Millen Zappa, por quem tenho carinho, respeito e admiração.

Agradeço aos proprietários do sobrado estudado neste trabalho Marion e Claudia Soares, que mesmo em momento de dificuldade e indignação, apoiaram nosso trabalho desde o início.

Agradeço à minha adorada Ludmila Holz por estar sempre presente e de prontidão para ajudar, mesmo sem ter conhecimento algum sobre o tema estudado.

Agradeço à minha mãe Dulce Calisto pelo apoio dado durante toda minha vida escolar, pré-vestibular e graduação.

## RESUMO

O presente trabalho visa mostrar a importância da identificação e conhecimento das causas de patologias tipo fissuras, trincas e rachaduras provocadas por recalque diferencial de fundação. A pesquisa realizada envolveu uma revisão bibliográfica sobre o aparecimento de fissuras e trincas em edificações, métodos para reforço de fundação e um estudo de caso. Através da comparação da revisão bibliográfica realizada e o estudo de caso, puderam ser estabelecidas conclusões sobre os eventos ocorridos e suas causas.

**Palavras-chave:** recalque diferencial; estudo de caso; rachaduras; fundações.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação das fissuras .....	10
Figura 2 - Principais tipos de fundação superficial: (a) bloco, (b) sapata, (c) viga e (d) radier .....	14
Figura 3 - Tipos de fundação mista: (a) estaca ligada a sapata, (b) estaca abaixo de sapata, (c) radier sobre estacas e (d) radier sobre tubulões .....	15
Figura 4 - Fissuras típicas causadas por recalque de fundações de pilares internos	18
Figura 5 - Fissuras por recalque de fundação de pilar de canto.....	18
Figura 6 - Deformação côncava de parede portante e suas trincas .....	19
Figura 7 - Fissuras em parede portante com recalque na extremidade .....	19
Figura 8 - Deformação convexa de parede portante e seus efeitos .....	20
Figura 9 - Provável fissuramento de edificação assente parte em corte e parte em aterro .....	20
Figura 10 - Acompanhamento do ponto 1 .....	28
Figura 11 - Acompanhamento do ponto 2 .....	28
Figura 12 - Acompanhamento do ponto 3 .....	28
Figura 13 - Acompanhamento do ponto 4 .....	29
Figura 14 - Acompanhamento do ponto 5 .....	29
Figura 15 - Acompanhamento do ponto 6 .....	29
Figura 16 - Acompanhamento do ponto 7 .....	30
Figura 17 - Acompanhamento do ponto 8 .....	30
Figura 18 - Acompanhamento do ponto 9 .....	30
Figura 19 - Acompanhamento do ponto 10 .....	31
Figura 20 - Acompanhamento do ponto 11 .....	31
Figura 21 - Acompanhamento do ponto 12 .....	31
Figura 22 - Acompanhamento do ponto 13 .....	32
Figura 23 - Acompanhamento do ponto 14 .....	32
Figura 24 - Acompanhamento do ponto 15 .....	32
Figura 25 - Acompanhamento do ponto 16 .....	33
Figura 26 - Acompanhamento do ponto 17 .....	33

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Acompanhamento do progresso de abertura das trincas e fissuras .....23

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	8
1.1 OBJETIVOS.....	9
1.1.1 Objetivo Geral.....	9
1.1.2 Objetivos Específicos.....	9
1.2 JUSTIFICATIVA .....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1 DEFINIÇÃO DE SOLO.....	11
2.2 TIPOS DE FUNDAÇÕES.....	12
2.3 PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES .....	15
2.4 RECALQUE DE FUNDAÇÕES.....	16
2.5 SISTEMAS DE REFORÇO DE FUNDAÇÕES.....	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4 ESTUDO DE CASO .....	23
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	26
REFERÊNCIAS.....	27
ANEXOS .....	28



## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas nosso país passou por um grande desenvolvimento, exigindo assim, a infraestrutura básica para tal evolução. Nesta linha, necessitou-se de grande volume de obras para atender a demanda. Entre elas a de edificações para moradia uni e multifamiliar.

Entretanto, apesar do aumento de obras, não houve investimento significativo em qualificação profissional. Assim, muitas obras não tiveram o devido cuidado de execução.

A necessidade de execução das obras em prazos menores, juntamente com a escassez de mão de obra qualificada, tem provocado um aumento significativo de patologias nos edifícios.

O conhecimento das causas que provocam as patologias nos edifícios e a conscientização de que medidas preventivas na fase de projeto e cuidados na execução representam uma grande economia em relação às recuperações.

Uma das patologias mais significativas é o recalque diferencial. O recalque ou assentamento é o termo utilizado em engenharia civil para caracterizar o fenômeno que ocorre quando uma edificação sofre um rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação (MILITITSKY, 2005).

Todos os tipos de solos, quando submetidos a um carregamento, sofrem recalques, em maior ou menor grau, dependendo das propriedades de cada solo e da intensidade do carregamento. Os recalques geralmente tendem a cessar ou estabilizar após certo período de tempo, mais ou menos prolongado, e que depende das características geotécnicas dos solos (MILITITSKY, 2005).

O recalque é a principal causa de trincas e rachaduras em edificações, principalmente quando ocorre o recalque diferencial, ou seja, uma parte da obra rebaixa mais que a outra gerando esforços estruturais não previstos e podendo até levar a obra à ruína.

## **1.1 OBJETIVOS**

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral estudar as principais patologias ocorridas devido ao recalque diferencial de fundações em estruturas de concreto armado e seus reflexos na alvenaria de vedação.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Estudar aberturas em peças estruturais de concreto armado e conseqüente reflexo em alvenaria originadas por recalque diferencial de fundações.
- Indicar possíveis reparos para as patologias estudadas.
- Estudo de caso em sobrado residencial com recalque diferencial.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A identificação das causas do recalque diferencial é de suma importância, pois somente após o cessamento do recalque pode-se tratar os danos causados pelo mesmo bem como estabelecer a segurança da obra. Também ao identificar a causa pode-se tratar corretamente o recalque.

O trabalho vem ratificar a importância da identificação e conhecimento das causas de patologias do tipo fissuras, trincas e rachaduras provocadas por recalque diferencial de fundação em estruturas de concreto armado e seus reflexos na alvenaria de vedação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A ocorrência de patologias em obras civis tem sido observada e reportada com frequência tanto na prática nacional como internacional. Alguns casos clássicos, como o da Torre de Pisa e o da Cidade do México, fizeram a fama de determinados monumentos e locais, tendo sido extensivamente estudados e apresentados em publicações de divulgação e técnicas (MILITITSKY, 1995).

No Brasil podemos citar as edificações de Santos - SP como as mais significativas com relação aos desaprumos apresentados, sendo as mesmas referências em inúmeras publicações especializadas.

O rompimento de um determinado material geralmente está vinculado com o excesso de tensões sofrido pelo mesmo. Se a tensão sofrida exceder a tensão limite do material ocorrerá uma abertura, e de acordo com sua espessura é classificada em:

<b>ANOMALIAS</b>	<b>ABERTURAS (mm)</b>
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

**Figura 1 - Classificação das fissuras**  
Fonte: (OLIVEIRA, 2012, p.12).

Antes da escolha da fundação a ser projetada é de suma importância ter o conhecimento do tipo de solo em qual a mesma se apoiará. Para isto são realizadas diversas investigações geotécnicas no solo, como: sondagem de simples reconhecimento a percussão (SPT), medição de torque em sondagens de simples reconhecimento (SPT-T), índice de torque (TR) e conceito de N equivalentes (Nep) (HACHICH, 1996).

## 2.1 DEFINIÇÃO DE SOLO

Os solos são constituídos por partículas sólidas com água (ou outro líquido) e ar nos espaços intermediários. Assim, as partículas se encontram livres para descolamentos entre si. Em diversas situações, o comportamento do solo pode ser entendido pela consideração das forças transmitidas diretamente nos contatos entre as partículas, embora estas forças não sejam utilizadas nos cálculos e modelos de fundações. Nesta linha, não é raro, por exemplo, que as partículas de solo se quebrem quando o solo é solicitado alterando-se o próprio solo, com conseqüente influência no seu desempenho (HACHICH, 1996).

Sob o efeito de cargas externas todos os solos, em maior ou menor proporção, se deformam. No caso em que estas deformações sejam diferenciadas ao longo do plano das fundações de uma obra, tensões de grande intensidade serão introduzidas na estrutura da mesma, podendo gerar o aparecimento de trincas (THOMAS, 1989).

Se o solo for uma argila dura ou uma areia compacta, os recalques decorrem essencialmente de deformações por mudança de forma, função da carga atuante e do módulo e deformação do solo. No caso de solos fofos e moles os recalques são basicamente provenientes da sua redução de volume, já que a água presente no bulbo de tensões das fundações tenderá a percolar para regiões sujeitas a pressões menores (THOMAZ, 1989).

Denomina-se "consolidação" o fenômeno de mudança de volume do solo por percolação da água presente entre seus poros. Para os solos altamente permeáveis como as areias, a consolidação e, portanto, os recalques acontecem em períodos de tempo relativamente curtos após serem solicitados; já para os solos menos permeáveis, como as argilas, a consolidação ocorre de maneira bastante lenta, ao longo de vários anos. Mesmo camadas delgadas de argila entre maciços rochosos estarão sujeitas a esse fenômeno (THOMAZ, 1989).

Para as fundações diretas a intensidade dos recalques dependerá não só do tipo de solo, mas também das dimensões do componente da fundação. Para as areias, onde a capacidade de carga e o módulo de deformação aumentam rapidamente com a profundidade, existe a tendência de que os recalques ocorram com a mesma magnitude (THOMAZ, 1989).

Para as fundações profundas supunha-se não serem importantes os recalques diferenciados, a prática vem demonstrando que existem situações particularmente desfavoráveis, onde podem ocorrer recalques bastante significativos. Segundo Mello (1971) os exemplos dessas situações são: o efeito de agrupamento de estacas, as estacas flutuantes e as estacas muito profundas. Lembra ainda que o máximo atrito lateral mobilizado ocorre para pequenos recalques, independentemente do diâmetro do componente de fundação, ou seja, ultrapassados esses pequenos limites haverá uma grande probabilidade de ocorrerem recalques intensos.

## **2.2 TIPOS DE FUNDAÇÕES**

Uma fundação é o resultado da necessidade de transmissão de cargas ao solo pela construção de uma estrutura. Seu comportamento a longo prazo pode ser afetado por inúmeros fatores, iniciando por aqueles decorrentes do projeto propriamente dito, que envolve o conhecimento do solo, passando pelos procedimentos construtivos e finalizando por efeitos de acontecimentos pós-implantação, incluindo sua possível degradação (MILITITSKY, 1995).

Fundações são elementos que têm por finalidade transmitir as cargas de uma edificação para as camadas resistentes do solo sem provocar ruptura do terreno de fundação.

A escolha do tipo de fundação a ser utilizado em uma edificação será em função da intensidade da carga e da profundidade da camada resistente do solo.

Segundo HACHICH (1996) as fundações são separadas em dois grandes grupos: fundações diretas (rasas) e fundações profundas.

Conforme a NBR 6122/1996, as fundações superficiais (rasa ou direta) são elementos de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação aos terrenos adjacentes é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Incluem-se neste tipo de fundação as sapatas, os blocos, os radier, as sapatas associadas, as vigas de fundação e as sapatas corridas.

As fundações superficiais são tipicamente projetadas com pequenas escavações

no solo não sendo necessários grandes equipamentos para a execução.

Dentre as fundações superficiais citadas:

- Sapata: elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas não sejam resistidas pelo concreto, mas sim pelo emprego da armadura. Pode possuir espessura constante ou variável, sendo sua base em planta normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal.

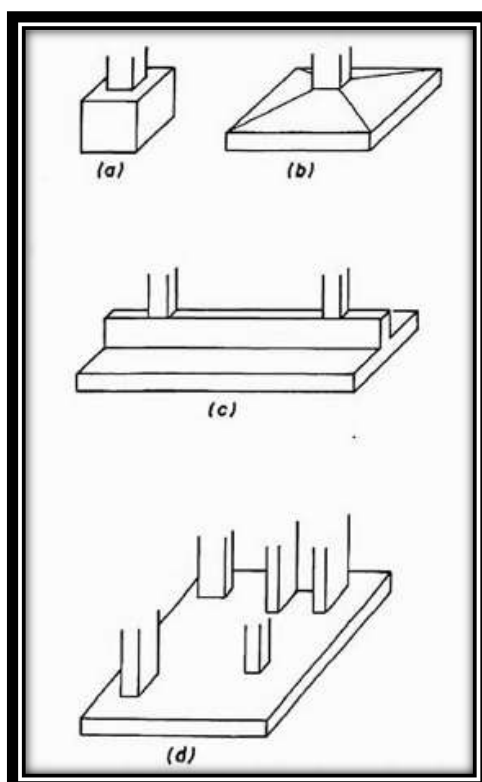
- Bloco: elemento de fundação superficial de concreto, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Pode ter suas faces verticais, inclinadas ou escalonadas e apresentar normalmente em planta seção quadrada ou retangular.

- Radier: elemento de fundação superficial que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos (por exemplo: tanques, depósitos, silos, etc.).

- Sapata associada: sapata comum a vários pilares, cujos centros, em planta, não estejam situados em um mesmo alinhamento.

- Viga de fundação: elemento de fundação superficial comum a vários pilares, cujos centros, em planta, estejam situados no mesmo alinhamento.

- Sapata corrida: sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente.



**Figura 2- Principais tipos de fundação superficial: (a) bloco, (b) sapata, (c) viga e (d) radier**  
**Fonte: (FALCONI et al., 1996, p.215).**

Para as fundações profundas a NBR 6122 define as mesmas como elemento de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 metros, salvo justificativa. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões.

As fundações profundas são utilizadas geralmente em projetos grandes que precisam transmitir maiores cargas ao terreno e quando as camadas superficiais do solo são pobres ou fracas.

Dentre as fundações profundas citadas:

- Estaca: elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase da sua execução, haja descida de operário. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in situ ou mistos.

- Tubulão: elemento de fundação profunda, cilíndrico, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de operário. Pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada. Pode ser executado com ou sem revestimento, podendo este ser de aço ou de concreto. No caso de revestimento de aço (camisa metálica), este poderá ser perdido ou recuperado.

- Caixão: elemento de fundação profunda de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna. Na sua instalação pode-se usar ou não ar comprimido e sua base pode ser alargada ou não.

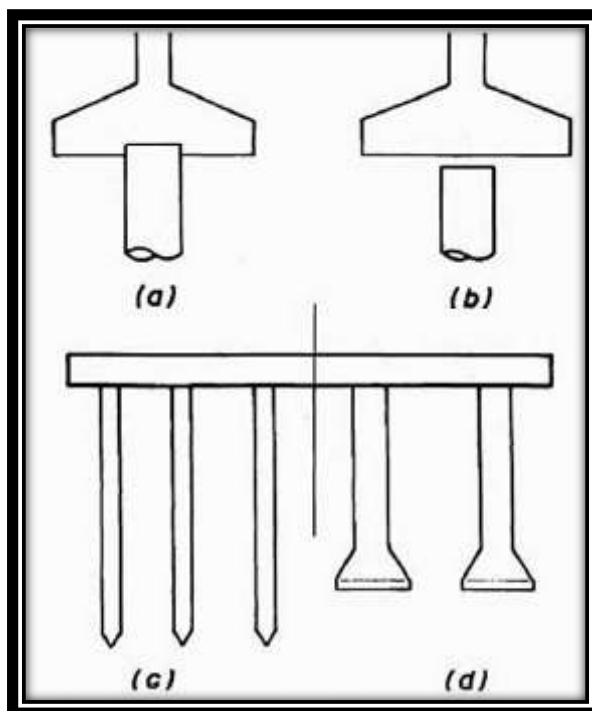


Figura 3 - Tipos de fundação mista: (a) estaca ligada a sapata, (b) estaca abaixo de sapata, (c) radier sobre estacas e (d) radier sobre tubulões  
 Fonte: (FALCONI *et al.*, 1996, p.215).

### 2.3 PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES

Segundo Milititsky, a causa mais frequente de problemas de fundações é a ausência ou incompleta investigação do subsolo. Em mais de 80% dos casos de mau desempenho de fundações de obras pequenas e médias, a ausência completa de investigação é o motivo da adoção de solução inadequada. Problemas típicos decorrentes de ausência de investigação para fundações diretas são:

- Tensões de contato excessivas, incompatíveis com as reais características do solo, resultando em recalques inadmissíveis ou ruptura.
- Fundações em solos/aterros heterogêneos, provocando recalques, resultando grandes deformações.
- Fundações sobre solos compressíveis sem estudos de recalques, resultando grandes deformações.
- Fundações apoiadas em materiais de comportamento muito diferente, sem junta, ocasionando o aparecimento de recalques diferenciais.



- Fundações apoiadas em crosta dura sobre solos moles, sem análise de recalques, ocasionando a ruptura ou grandes deslocamentos da fundação. Tensões de contato excessivas incompatíveis com as reais características do solo, resultando em recalques inadmissíveis ou ruptura.

Já os problemas típicos decorrentes de ausência de investigação para fundações profundas são:

- Estacas de tipo inadequado ao subsolo, resultando mau comportamento.
- Geometria inadequada, comprimento ou diâmetro inferiores aos necessários.
- Estacas apoiadas em camadas resistentes sobre solos moles, com recalques incompatíveis com a obra.
- Ocorrência de atrito negativo não previsto, reduzindo a carga admissível nominal adotada para a estaca.

## **2.4 RECALQUE DE FUNDAÇÕES**

De acordo com a NBR 6122 (1996) o recalque é definido pelo movimento vertical descendente de um elemento estrutural. Quando o movimento for ascendente, denomina-se levantamento. Define também o recalque diferencial específico como sendo a relação entre as diferenças dos recalques de dois apoios e a distância entre eles.

Recalque em fundações acontece quando o contato entre fundação e solo se rompe, fazendo assim com que a fundação afunde mais do que o projetado. Quando ocorre em toda a fundação é chamado de recalque total, quando ocorre em apenas um trecho é chamado de recalque diferencial (MILITITSKY, 2005).

Em toda obra ocorre recalque em fundações, sendo os recalques admissíveis parte importante nas análises e projetos de fundações, definindo um limite a partir do qual se considera problemática a segurança ou o desempenho da estrutura (MILITITSKY, 2005).

Os danos causados por recalques podem ser divididos em três grupos: visuais e estéticos (sem riscos de qualquer natureza), danos comprometendo o uso e funcionalidade do prédio e danos estruturais pondo em risco a segurança dos usuários (MILITITSKY, 2005).

O Eurocode 7 citado por MILITITSKY (2005) indica os seguintes limites para as rotações relativas admissíveis, a fim de evitar que o estado limite de serviço seja atingido: entre 1/2000 e 1/300, dependendo do tipo de prédio, com 1/500 aceitável em muitos casos. Para evitar atingir o estado limite último o valor admissível é de 1/150.

Com finalidade de dar uma noção de ordem de grandeza dos valores, pode-se usar as relações entre recalques máximos e recalques diferenciais máximos admissíveis, sendo para fundações isoladas 25 mm para recalque diferencial e 40 mm para recalque total; para radiers recalques máximos da ordem de 50 mm e para fundações em solos argilosos recalques máximos de 40 mm (MILITITSKY, 2005).

As fissuras provocadas por recalques diferenciados são inclinadas, confundindo-se às vezes com fissuras provocadas por deflexão de componentes estruturais. Em relação às primeiras, contudo, apresentam aberturas geralmente maiores, "deitando-se" em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque. Outra característica das fissuras provocadas por recalque é a presença de esmagamentos localizados, em forma de escamas, dando indícios das tensões de cisalhamento que as provocam; além disso, quando os recalques são acentuados, observa-se nitidamente uma variação na abertura da fissura. Entretanto, os recalques diferenciados poderão provocar fissuras com outras configurações, em função de diversas variáveis: geometria das edificações e/ou do componente, tamanho e localização de aberturas, grau de enrijecimento da construção (emprego de cintamentos, vergas e contravergas), eventual presença de juntas no edifício etc. (THOMAZ, 1989).

As figuras a seguir apresentam padrões típicos de deslocamentos e correspondem às fissuras. É importante mencionar que detalhes construtivos específicos de vinculação dos diferentes elementos que normalmente compõem uma edificação, além de efeitos combinados de movimentos causados por outra origem que não deslocamentos, tornam, nos casos reais, bastante complexas a definição e identificação dos movimentos a partir da fissuração apresentada.

É necessária a realização de acompanhamento ou controle de recalques para identificação precisa do comportamento real das fundações (MILITITSKY, 2005).

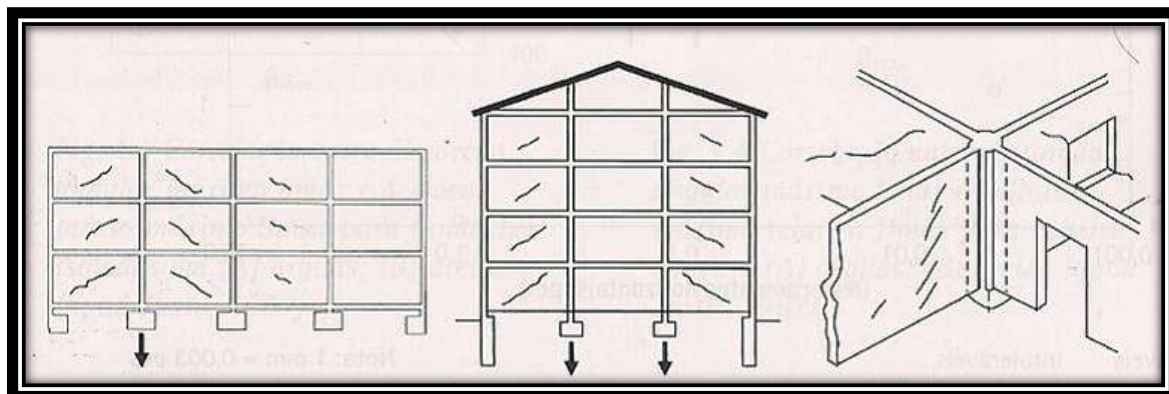


Figura 4 - Fissuras típicas causadas por recalque de fundações de pilares internos  
Fonte: (CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2005, p.24).

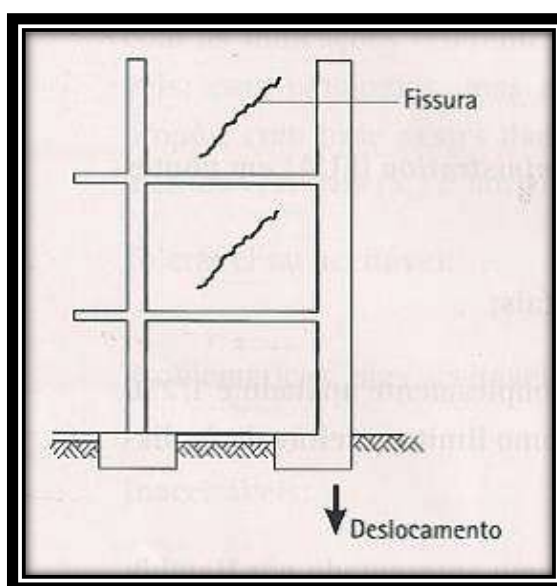


Figura 5 - Fissuras por recalque de fundação de pilar de canto  
Fonte: (CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2005, p.24).

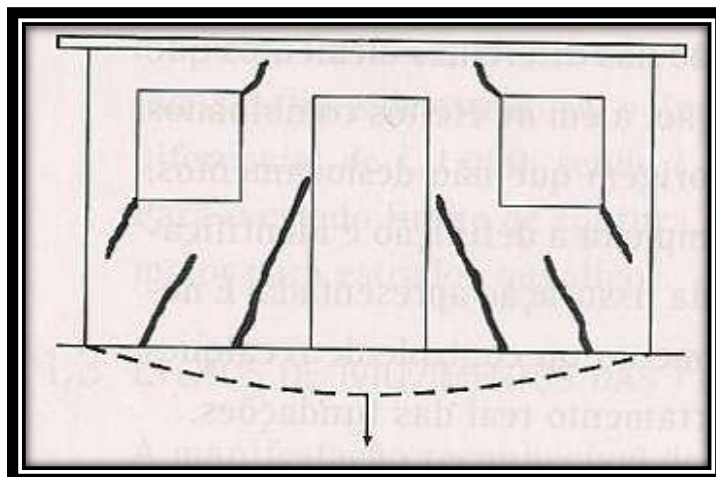


Figura 6 - Deformação cônica de parede portante e suas trincas  
Fonte: (CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2005, p.26).

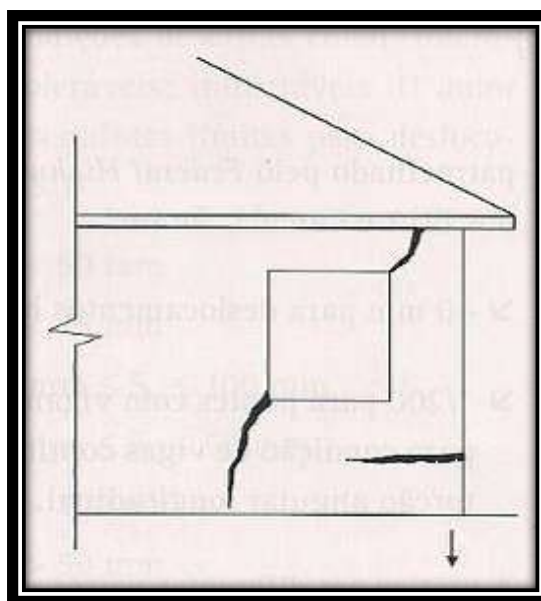


Figura 7 - Fissuras em parede portante com recalque na extremidade  
Fonte: (CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2005, p.24).

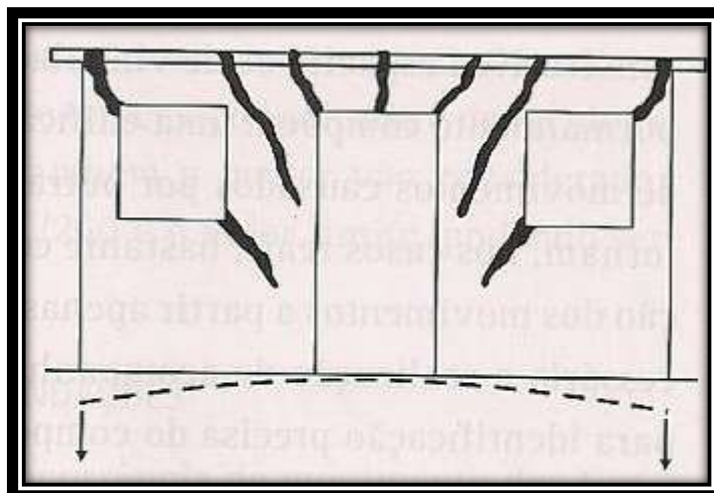


Figura 8 - Deformação convexa de parede portante e seus efeitos  
 Fonte: (CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2005, p.26).

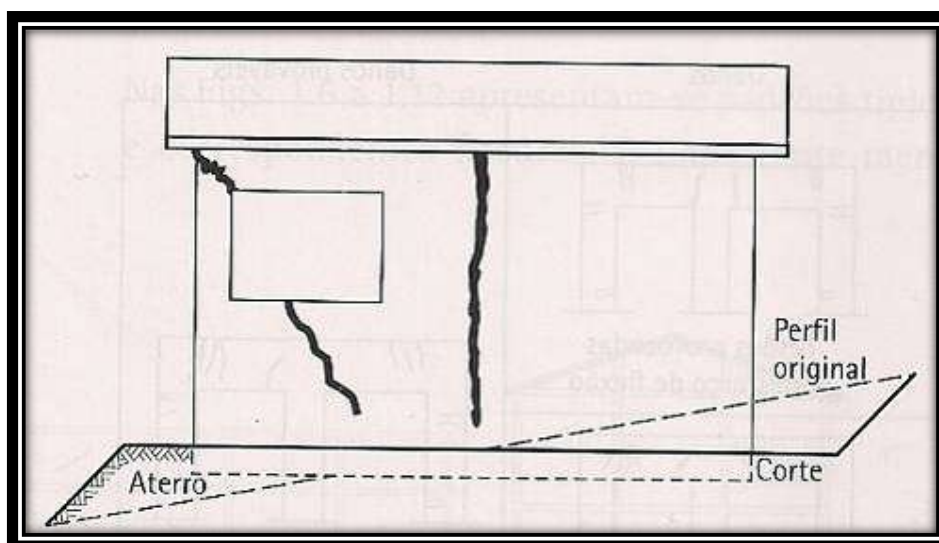


Figura 9 - Provável fissuramento de edificação assente parte em corte e parte em aterro  
 Fonte: (CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2005, p.26).

## 2.5 SISTEMAS DE REFORÇO DE FUNDAÇÕES

O reforço de fundação é uma intervenção solo-fundação-estrutura visando a modificação de seu desempenho. Existem diversos fatores que influenciam negativamente a fundação, sendo os principais: erros de projetos e análises

geotécnicas, erros de execução, ampliações indevidas e influências externas.

O tipo de reforço a ser utilizado varia de acordo com o custo, tipo de solo, urgência, nível de carregamento, espaço físico e fundações externas.

Os tipos mais comuns de reforços de fundações são:

- Estacas mega: também conhecida como estacas de reação, esse sistema consiste na introdução de cilindros de metal ou concreto sob a fundação existente. Os trabalhos são realizados a partir de acessos escavados até cerca de 1,5 m abaixo da fundação original. Como o macaco hidráulico que crava as estacas toma a base da fundação como ponto de apoio, a capacidade de carga aumenta a cada aplicação. Outra vantagem do sistema é não provocar vibrações no solo ou na estrutura. No entanto, o método tem difícil aplicação fora da projeção da existente. Nesses casos, seria necessário criar uma extensão da estrutura para integrar o novo ponto de apoio às cargas do edifício.

- Estacas raiz: é uma estaca moldada *in loco*, executada através de perfuração rotativa ou roto-percussiva, revestida integralmente no trecho em solo por meio de tubo metálico que garante a estabilidade da perfuração. No trecho em rocha, seja na passagem de matacões ou no embutimento no topo rochoso, ela é executada a partir da perfuração interna ao tubo de revestimento, por processo roto-percussivo.

- Alargamento da base: possível em fundações com base alargada e transferência de carga por contato horizontal com o solo - como tubulões, sapatas, etc. - o reforço de base consiste no aumento da área de apoio. Como as armaduras existentes não são dimensionadas para a peça aumentada, é realizado o chumbamento de ferragens com o emprego de resinas colantes para a aderência entre o concreto original e o novo. Segundo Cláudio Wolfe, professor da Poli-USP, o uso dessa solução é raro por causa das dificuldades operacionais resultantes, como o acesso e a concretagem subterrânea.

- Enrijecimentos estruturais: método que visa apenas diminuir eventuais recalques diferenciais. Esse efeito pode ser atingido com a colocação de vigas de rigidez interligando as fundações, ou de peças que travem a estrutura.

Segundo Milititsky (2005), a manifestação reconhecível de ocorrência de movimento das fundações é o aparecimento de fissuras nos elementos estruturais. Toda vez que a resistência dos componentes da edificação ou conexão entre elementos for superada pelas tensões geradas por movimentações, ocorrem fissuras.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu em estudo de literatura especializada em fundações e patologias em edificações, especialmente daquelas originadas de recalques diferenciais.

Também este trabalho acompanhou o recalque diferencial pelo qual um sobrado residencial situado na região metropolitana de Curitiba está submetido, com monitoramento da taxa de abertura das trincas e fissuras que lá já ocorriam.

Foram realizadas três medições no período de 18 de março de 2014 a 13 de janeiro de 2015, conforme cronograma apresentado.

Para as medições foram escolhidos 17 pontos para acompanhamento, o qual foi utilizado o aparelho fissurômetro com graduação de abertura de 0,05 mm até 5,0 mm.

As aberturas foram fotografadas com câmera fotográfica Sony, modelo DSC-H1, e seus valores relatados em planilha Excel.

## 4 ESTUDO DE CASO

A residência (objeto de estudo) possui 120,75 m<sup>2</sup> de área construída e seu uso é compatível com aquele projetado (sobrado residencial unifamiliar). Situa-se no bairro Jardim Paulista em Campina Grande do Sul, região metropolitana de Curitiba-PR.

Até a data deste trabalho não foram definidos danos estruturais na residência.

O objeto em estudo também encontra-se em litígio, pois devido a tentativas de preenchimento das trincas com selante elástico sem sucesso, pois as trincas são consequências de recalque que ainda não cessou, não restando saída para os proprietários do imóvel a não ser recorrer para questões judiciais pertinentes. Nesta linha, restou-se prejudicada a identificação do tipo de fundação utilizada neste imóvel. A construtora não disponibilizou os projetos de fundação e estrutural da residência.

Segundo Jaime Barros, muitas áreas de solos urbanos do bairro Jardim Paulista apresentam indícios de processos de compactação superficial sem apresentar alcalinização da camada superficial.

Os solos antropotizados do Jardim Paulista podem ser enquadrados predominante na classe dos antropossolos sômicos, ou seja, solo que sofreu profunda modificação em sua composição devido intervenção humana.

Na tabela abaixo nota-se a evolução das aberturas entre o período de observação.

Pode ser observada que apenas uma das aberturas apresenta-se estabilizada. Também foi observada a grande velocidade de abertura das trincas, fissuras e rachaduras presentes no objeto de estudo.

**Tabela 1 - Acompanhamento do progresso de abertura das trincas e fissuras**

Ponto	Local	Ocorrência	Verificação	Foto	Abertura (mm)	Aumento das aberturas em 301 dias (mm)	Velocidade de abertura (mm/dia)
1	Fachada	Fissura inclinada ao lado esquerdo da janela	V1 V2 V3	5911 1721 1789	0,1 0,2 0,3	0,2	0,00066



2	Fachada	Trinca inclinada no canto superior esquerdo da janela inferior	V1	5915	0,6	0,5	0,00166
			V2	1723	0,9		
			V3	1794	1,1		
3	Fachada	Rachadura inclinada ao lado direito da janela inferior	V1	5920	1,5	1,5	0,00498
			V2	1727	>1,5		
			V3	1798	3,0		
4	Hall de entrada	Trinca horizontal ao lado da porta de entrada	V1	5937	0,1	0,9	0,00316
			V2	1729	0,05		
			V3	1803	1		
5	Hall de entrada	Fissura inclinada na parede	V1	5944	0,1	0,2	0,00066
			V2	1731	0,2		
			V3	1804	0,3		
6	Fachada dos fundos	Trinca inclinada ao lado da janela inferior	V1	5979	0,4	0,3	0,00100
			V2	1735	0,5		
			V3	1809	0,7		
7	Hall de serviço	Trinca inclinada abaixo da janela do lavabo	V1	5993	0,4	0,2	0,00066
			V2	1739	0,5		
			V3	1810	0,6		
8	Cozinha	Trinca inclinada na parede atrás da porta de acesso	V1	6000	0,3	0,3	0,00100
			V2	1741	0,5		
			V3	1811	0,6		
9	Sala	Trinca inclinada na parede abaixo do balcão	V1	6029	0,8	0,3	0,00100
			V2	1746	0,9		
			V3	1815	1,1		
10	Sala	Rachadura inclinada ao lado esquerdo da janela	V1	6037	1,5	1,5	0,00498
			V2	1750	>1,5		
			V3	1817	3,0		
11	Sala	Trinca abaixo da janela	V1	6043	0,8	0,2	0,00066
			V2	1754	0,8		
			V3	1819	1,0		
12	Sala	Fissura inclinada na parede de divisa com cozinha	V1	6065	0,3	0	0,00000
			V2	1758	0,3		
			V3	1820	0,3		
13	Escada	Trinca horizontal na parede esquerda	V1	6090	0,4	0,2	0,00066
			V2	1760	0,5		
			V3	1823	0,6		
14	Escritório	Trinca inclinada no canto inferior	V1	6117	0,3	0,4	0,00133
			V2	1765	0,6		
			V3	1826	0,7		
15	Quarto 02	Trinca	V1	6143	0,7	0,8	0,00266

		inclinada ao lado da porta de entrada	V2	1768	1,1		
			V3	1829	1,5		
16	Suíte	Rachadura inclinada ao lado da janela	V1	6166	1,5	0,5	0,00166
			V2	1774	>1,5		
			V3	1830	2,0		
17	Suíte	Trinca inclinada no canto inferior da esquadria	V1	6172	0,5	0,6	0,00199
			V2	1776	0,9		
			V3	1832	1,1		

**Fonte: Autoria própria.**

As datas das vistorias seguiram a seguinte ordem:

- V1 - vistoria realizada dia 18 de março de 2014.
- V2 - vistoria realizada dia 22 de setembro de 2014.
- V3 - vistoria realizada dia 13 de janeiro de 2015.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nestes 301 dias de monitoramento apenas uma abertura mostrou-se estacionada (ponto 12), as demais se demonstraram ser progressivas. Nesta linha, pode se inferir que o recalque não está estabilizado.

Não se pôde averiguar o tipo de fundação utilizada, pois os projetos estruturais e de fundação não foram disponibilizados e sondagens in loco prejudicariam o andamento do processo judicial do qual o objeto de estudo é prova pericial. Entretanto, estima-se que a fundação utilizada é do tipo sapata.

Se a velocidade média de recalque for constante, em 10 anos as aberturas progressivas terão aumentado em 6,17 mm. Conseqüentemente, se encontrará fendas na estrutura, se nada for feito.

É de suma importância a averiguação precisa dos pontos vulneráveis a este recalque, além da determinação exata do tipo de fundação. Com estes dados pode-se estudar o método mais viável de reforço da fundação.

Somente após o reforço da fundação, se poderá executar o tratamento para o fechamento das aberturas. Se feito antes, em nada ajudará pois, as aberturas, em sua maioria, são progressivas.

Não se pode precisar o custo exato para a execução do reforço de fundações, pois serão necessários estudos específicos sobre a metodologia utilizada para o reforço.

A residência é habitada por uma família, portanto os fatores financeiros devem ser minorados quando se trata da vida humana.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - **NBR 6122 - Projeto e Execução de Fundações**. Rio de Janeiro, 1996. 33p.

CONSOLI, N. C.; MILITITSKY, J.; SCHINAID, F. **Patologias das Fundações**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2005. 191p.

FALCONI *et al.* **Fundações, Teoria e Prática**. 1ª. ed. São Paulo: Editora PINI, 1996. 250p.

MELLO, V. **Fundações e elementos estruturais enterrados**. São Paulo SP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1975. 115p.

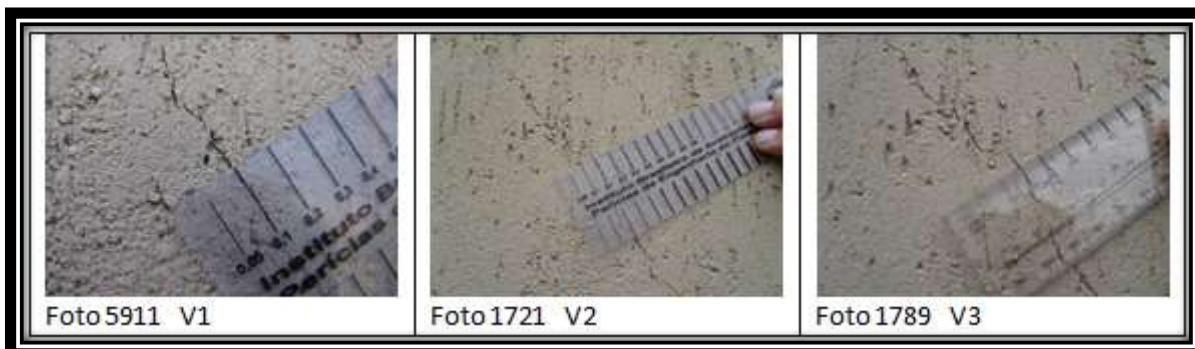
OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, Trincas e Rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 54f. Monografia (Especialização em Gestão de avaliações e perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1. ed. São Paulo: PINI, 1998. 255p.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios, Causas, Prevenção e Recuperação**. 1. ed. São Paulo: PINI, 1989. 205p.

**ANEXOS**

Acompanhamento dos pontos escolhidos.



**Figura 10 - Acompanhamento do ponto 1**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 11 - Acompanhamento do ponto 2**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 12 - Acompanhamento do ponto 3**  
Fonte: Autoria própria.



Figura 13 - Acompanhamento do ponto 4  
Fonte: Autoria própria.

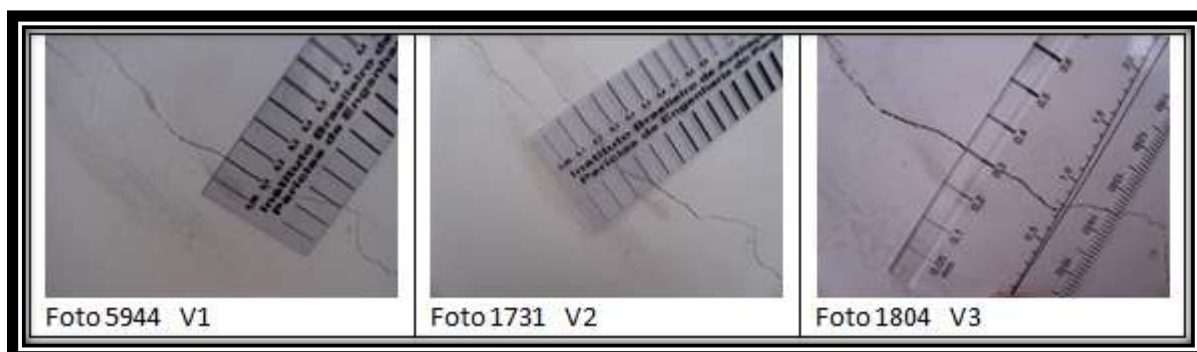
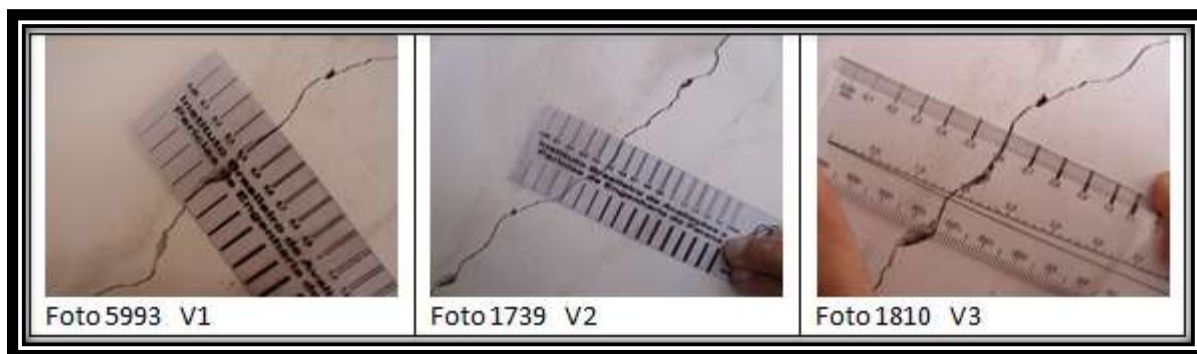


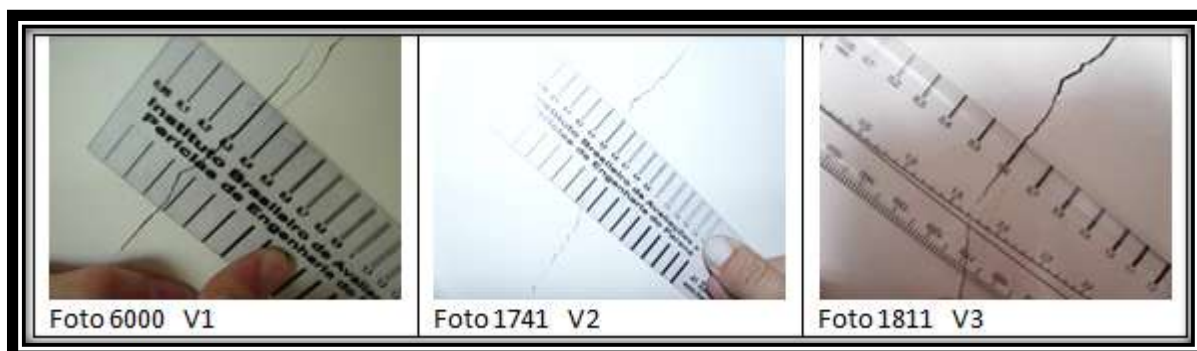
Figura 14 - Acompanhamento do ponto 5  
Fonte: Autoria própria.



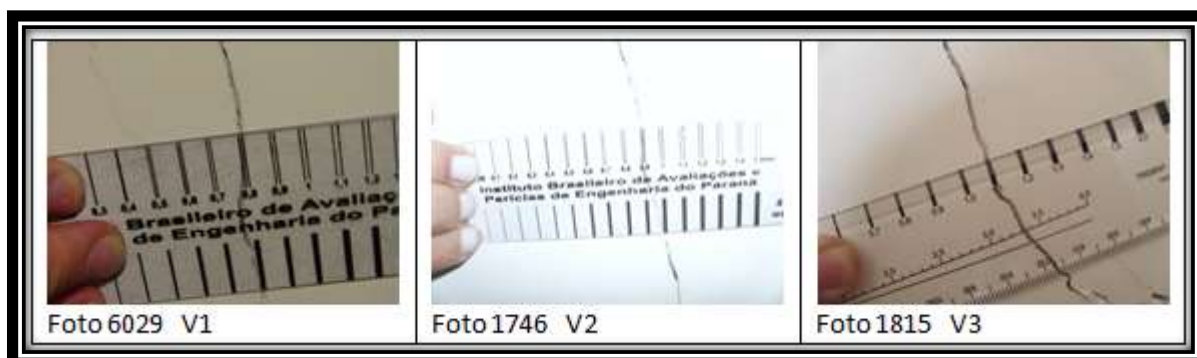
Figura 15 - Acompanhamento do ponto 6  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 16 - Acompanhamento do ponto 7**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 17- Acompanhamento do ponto 8**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 18 - Acompanhamento do ponto 9**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 19 - Acompanhamento do ponto 10**  
Fonte: Autoria própria.

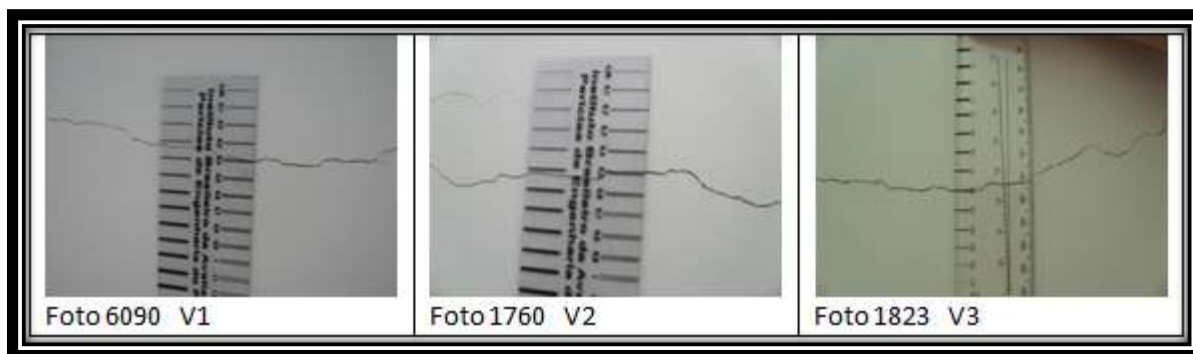


**Figura 20 - Acompanhamento do ponto 11**  
Fonte: Autoria própria.

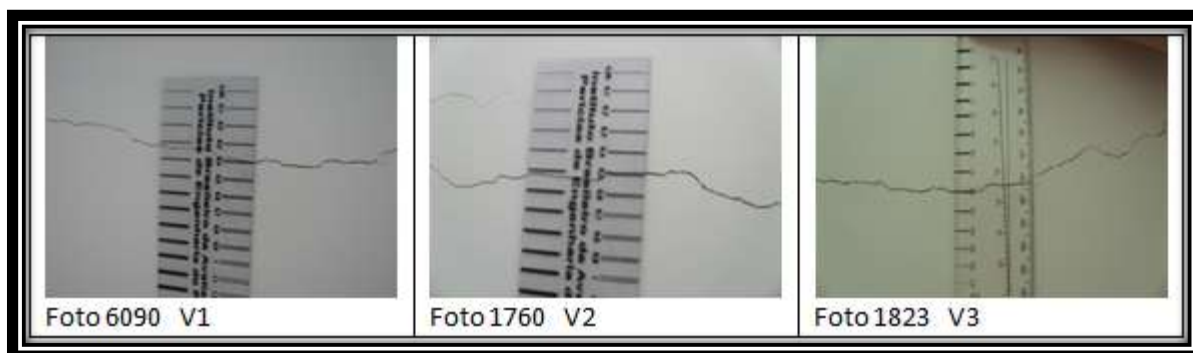


**Figura 21 - Acompanhamento do ponto 12**  
Fonte: Autoria própria.

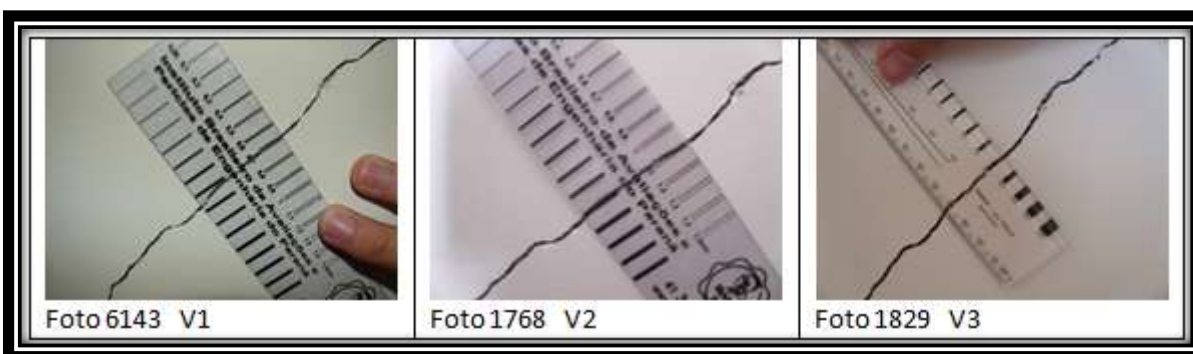




**Figura 22 - Acompanhamento do ponto 13**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 23 - Acompanhamento do ponto 14**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 24 - Acompanhamento do ponto 15**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 25 - Acompanhamento do ponto 16**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 26 - Acompanhamento do ponto 17**  
Fonte: Autoria própria.

